

VAJA 6. - MERITEV MOČI IN OJAČENJA OJAČEVALNIKA V ZASIČENJU
=====

1. Ojačenje in izhodna moč ojačevalnika

Največja izhodna moč vseh ojačevalnikov je omejena. Pojave v območju največje izhodne moči opišemo z izrazom zasičenje. Moči zasičenja sicer ni enostavno definirati, ker se pri prekrmljenju različni ojačevalniki obnašajo na različne načine, kot je to prikazano na sliki 1. Pri nekaterih ojačevalnikih se s povečanjem krmiljenja izhodna moč še vedno povečuje, pri drugih doseže neko stalno vrednost in pri nekaterih začne pri prekrmljenju izhodna moč celo upadati.

Vsem ojačevalnikom je skupno le to, da začne pri prekrmljenju ojačenje ojačevalnika upadati. Izhodno moč ojačevalnika zato definiramo v točki, kjer ojačenje upade za 1dB glede na vrednost ojačenja G_{lin} za majhne signale. To moč imenujemo P_{1dB} in ustrezno ojačenje G_{1dB} . Obe veličini nam v večini slučajev zelo dobro opišeta, kaj zmore ojačevalnik, čeprav je največja možna izhodna moč ojačevalnika tudi nekaj dB večja. P_{1dB} zato pogosto imenujemo kar moč zasičenja.

Vsi nelinearni pojavi v ojačevalnikih, intermodulacija in moč v zasičenju, so seveda močno odvisni od izbire delovne točke aktivnih sestavnih delov. Večji mirovni tokovi in višje delovne napetosti pomenijo običajno višjo moč presečne točke IMD popačenja (P_{ip3}) in višjo moč zasičenja P_{1dB} . Pojav najlažje opazujemo v enostavnih MMIC ojačevalnikih.

MMIC (Microwave Monolithic Integrated Circuit) ojačevalniki so zamišljeni kot univerzalni gradniki visokofrekvenčnih vezij, podobno kot so to operacijski ojačevalniki za nizke frekvence. Ojačevalniki so vgrajeni v majhna plastična ali keramična ohišja s štirimi izvodi, kot je to prikazano na sliki 2. Vhodna in izhodna impedanca sta prilagojeni za 50-ohmsko okolje. Ojačevalnik se napaja preko izhodnega priključka, izhod in vhod pa potrebujeta le še sklopna kondenzatorja.

Večina MMIC ojačevalnikov ima vgrajeno povratno vezavo, da ima ojačevalnik konstatno ojačenje od enosmerne do najvišje frekvence uporabe. Frekvenčni pas dosega 3GHz za ojačevalnike s silicijevimi bipolarnimi tranzistorji in 10GHz za ojačevalnike s HBTji (Heterostructure Bipolar Transistor) na osnovi galijevega arzenida.

MMIC ojačevalnike poznamo v dveh izvedbah. Enostopenjski ojačevalniki, ki so prikazani na sliki 3, imajo vgrajen le darlingtonski par tranzistorjev s skupnim kolektorjem. Ojačenje znaša 7...15dB, šumno število pa je zaradi močne izgubne povratne vezave v območju 5...8dB.

Dvostopenjski ojačevalniki, ki so prikazani na sliki 4, dosega ojačenje 15...30dB, šumno število pa je zaradi šibkejšje povratne vezave prve stopnje v območju 2...5dB. Vsi MMIC ojačevalniki delajo v A razredu, izkoristek pa dodatno poslabša zahteva po prilagoditvi izhodne impedance na 50ohm. Podobno kot operacijski ojačevalniki v nizkofrekvenčni tehniki imajo tudi MMIC ojačevalniki za ceno svoje

univerzalnosti vedno slabše šumno število in nižji izkoristek (manjšo izhodno moč) v primerjavi z običajnimi, enakovrednimi visokofrekvenčnimi tranzistorji.

MMIC ojačevalnike vgradimo v primerno merilno vezje (slika 5), ki vsebuje vhodni in izhodni sklopni kondenzator ter napajalni upor. Napajalno napetost pripeljemo preko sita, ki odstanjuje neželjene motnje iz napajalnika pri merjenju šibkih signalov (šumno število). Vezje vsebuje tudi diodo za zaščito pred obratno polariteto napajanja. Sklopna kondenzatorja vsebujeta vzporedno vezavo 100pF in 100nF, ker imajo veliki kondenzatorji (100nF) razmeroma velike izgube (visoko zaporedno upornost) na visokih frekvencah.

2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Visokofrekvenčni izvor za področje 0-2GHz.
- (2) Nastavljivi 50-ohmski slabilec 0-30dB.
- (3) Uporovni delilnik -6dB.
- (4) Merjenci - MMIC ojačevalniki vgrajeni v merilna vezja.
- (5) Nastavljivi napajalnik 0-20V z voltmetrom in ampermetrom.
- (6) 50-ohmski -10dB slabilec.
- (7) Nizkoprepustna sita za 500MHz, 1GHz in 2GHz.
- (8) Dva visokofrekvenčna merilnika moči.
- (9) Priključne kable za vse povezave.

Razporeditev in povezava merilnih pripomočkov je prikazana na sliki 6.

3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Pri merjenju moči zasičenja ojačevalnika moramo predvsem paziti, da ojačevalnika ne uničimo s previsoko napajalno napetostjo ali tokom oziroma s premočnim krmilnim signalom. Napajalni upori, ki so vgrajeni v merilna vezja za MMIC ojačevalnike, so tako izbrani, da doseže tok največjo dopustno vrednost pri napajalni napetosti 20V. Pri vaji zato držimo napajalno napetost pod 18V.

Najvišja dopustna vhodna moč znaša za večino MMIC ojačevalnikov okoli 20mW (+13dBm). Večina polprevodniških visokofrekvenčnih izvorov (brez dodatnih ojačevalnikov) ne presega te moči. Na vhodu je še dodatni uporovni delilnik, ki vnaša slabljenje -6dB. Glede na ojačenje ojačevalnikov (10...25dB) bo vhodna moč verjetno v mejah -25dBm do +3dBm.

Pri MMIC ojačevalnikih moramo biti pozorni tudi na najnižji dopustni tok oziroma napajalno napetost, pod katerima se delovanje ojačevalnika poruši. Ojačevalnika na ta način sicer ne bomo poškodovali, pač pa so lahko rezultati meritev povsem nesmiselni, če naprimer postane ojačevalnik nestabilen ali celo samooscilira.

Jakost vhodnega signala preprosto merimo z visokofrekvenčnim merilnikom moči in se pri tem zanašamo, da uporovni delilnik deli vhodni signal v enakem razmerju. Pri merjenju izhodne moči ojačevalnika pa moramo biti bolj previdni. Pri krmiljenju ojačevalnika s sinusnim signalom v zasičenje dobimo na izhodu tudi višje harmonske frekvence.

Ker je ojačenje ojačevalnika opisano kot razmerje med vhodnim sinusnim signalom in izhodnim signalom z isto frekvenco, moramo višje harmonske frekvence odstraniti z

nizkoprepustnim sitom. Nizkoprepustno sito seveda izberemo glede na frekvenco meritve, da ne slabi osnovne frekvence in čimbolj slabi vse višje harmonske frekvence.

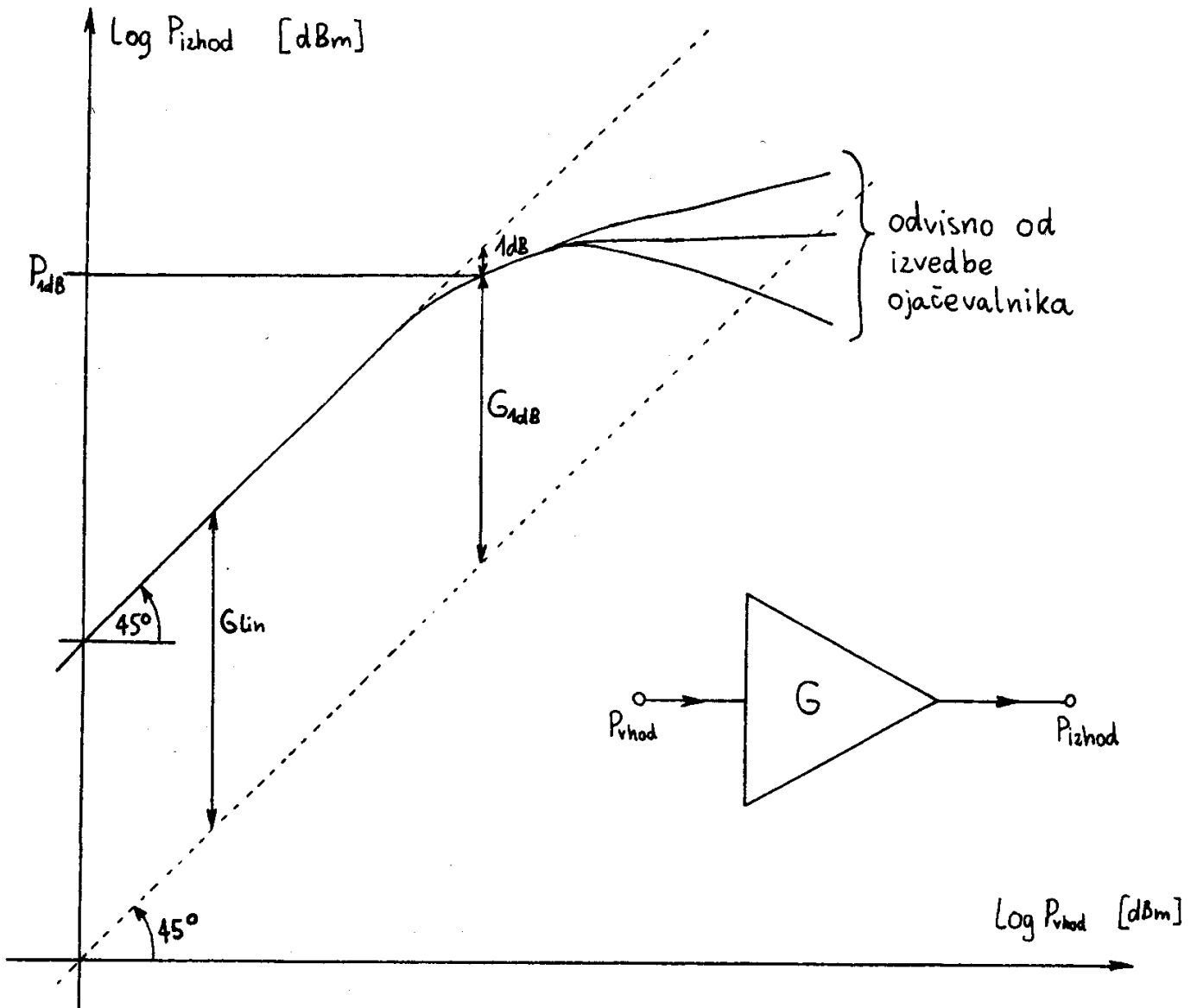
Nizkoprepustno sito običajno predstavlja popolnoma neprilagojeno breme za vse frekvence nad mejno frekvenco sita. Če izhod ojačevalnika zaključimo na breme, ki je neprilagojeno na višje harmonske frekvence in jih odbija nazaj v ojačevalnik, se tudi izhodna moč na osnovni frekvenci in izkoristek močno spremenita. Zato vstavimo med izhod ojačevalnika in nizkoprepustno sito še uporovni slabilec -10dB, ki bo poskrbel za pravilno zaključitev izhoda ojačevalnika na vseh frekvencah. To dodatno slabljenje moramo seveda upoštevati pri meritvi moči in računanju ojačenja.

Postopek meritve P1dB in G1dB je zelo enostaven. Sistem najprej umerimo brez ojačevalnika, da določimo slabljenje nizkoprepustnega sita. Nato vstavimo ojačevalnik in znižujemo vhodno moč toliko časa, da se razmerje izhodna/vhodna moč ne spreminja več. Tako dobimo linearno ojačenje ojačevalnika Glin za majhne signale.

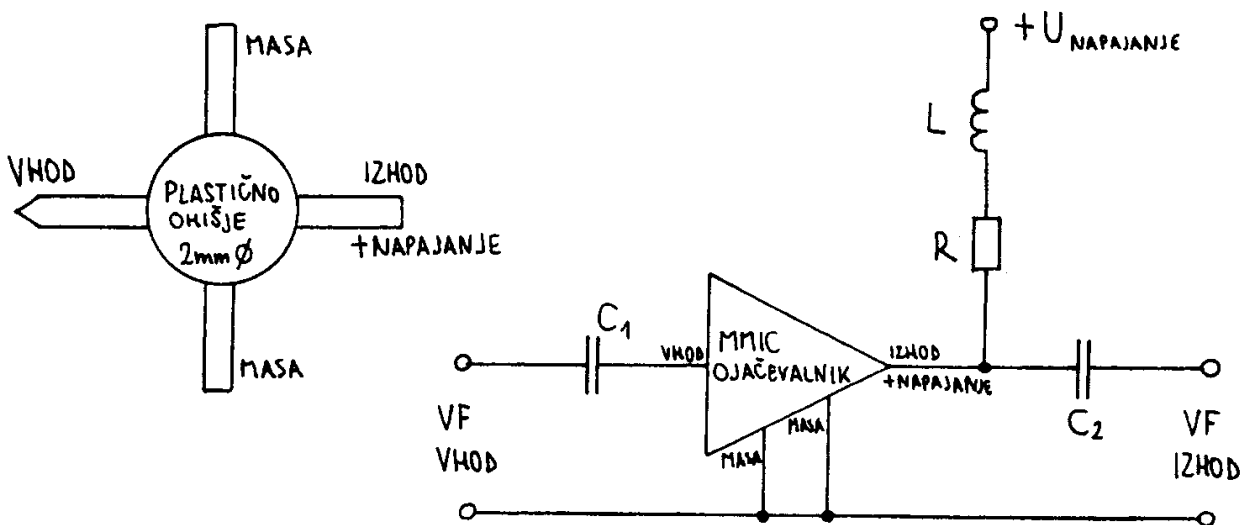
Nato povečujemo vhodno moč, opazujemo prirastek izhodne moči in stalno preračunavamo ojačenje. Ko ojačenje upade za 1dB glede na majhne signale, smo dosegli izhodno moč P1dB in ojačenje G1dB, ki mora biti jasno za 1dB manjše od Glin. Celoten postopek nato ponovimo pri drugačni enosmerni napetosti (toku skozi ojačevalnik), na drugi frekvenci oziroma z drugim ojačevalnikom.

4. Prikaz značilnih rezultatov

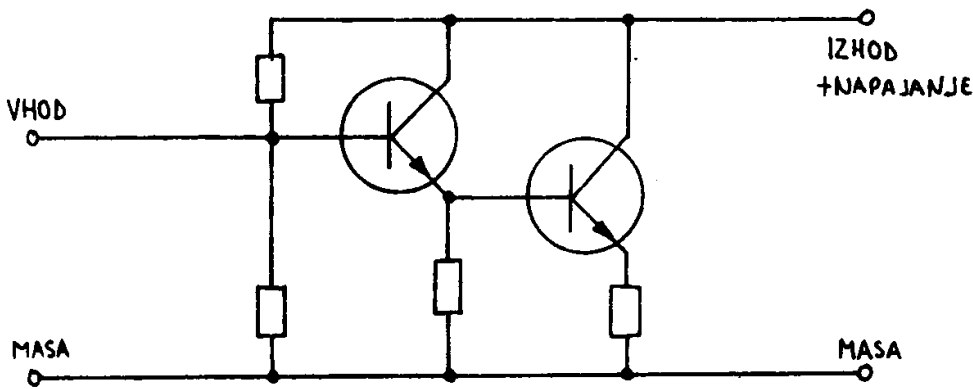
Za vajo izmerimo P1dB in G1dB za tri različne MMIC ojačevalnike, ki jih merimo na treh različnih frekvencah: 400MHz, 800MHz in 1600MHz. V ta namen uporabimo nizkoprepustna sita za 500MHz, 1GHz in 2GHz. Končni rezultat, P1dB in G1dB, narišemo kot funkcijo enosmernega napajalnega toka skozi ojačevalnik, za vsak ojačevalnik posebej in za vsako frekvenco posebej.



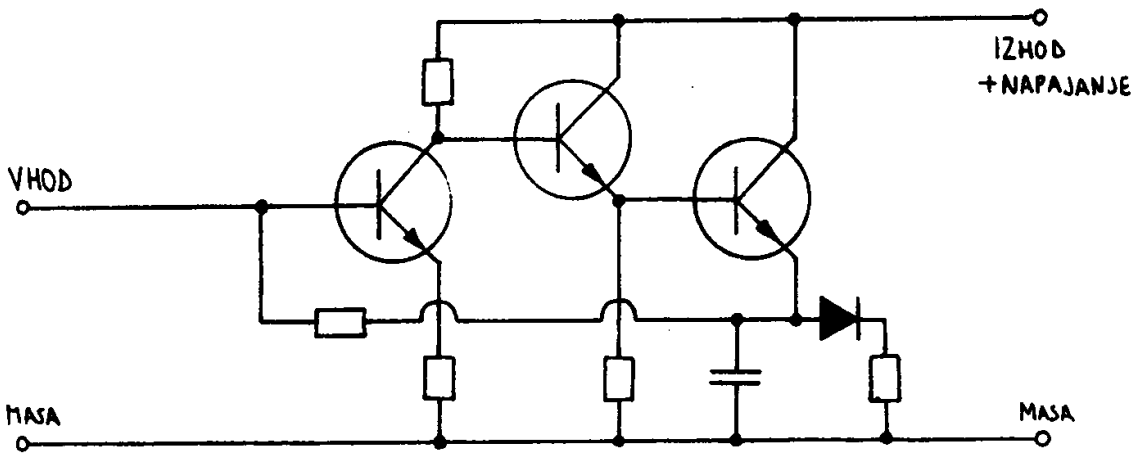
Slika 1 - Definicija P_{1dB} in G_{1dB} ojačevalnika.



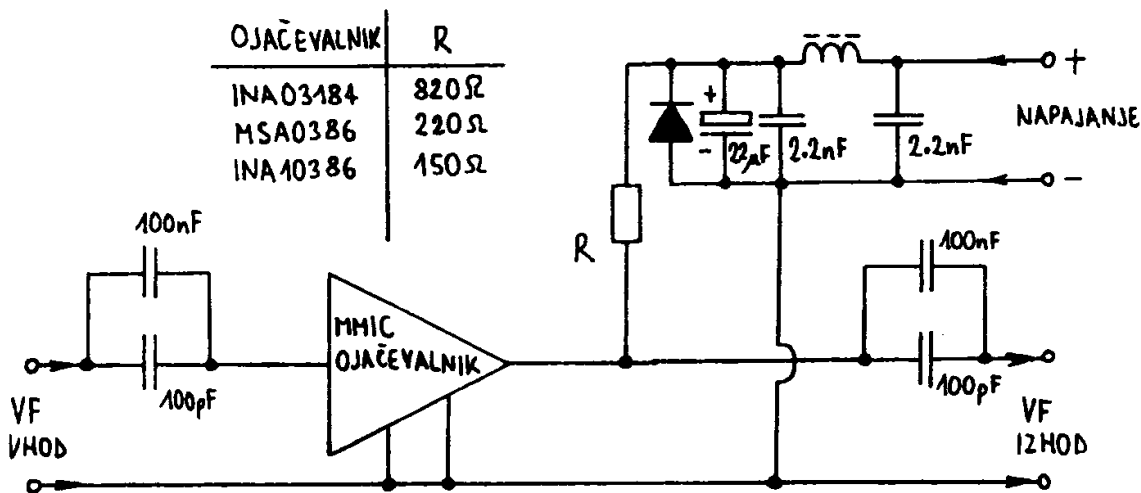
Slika 2 - Ohišje in vezava MMIC ojačevalnika.



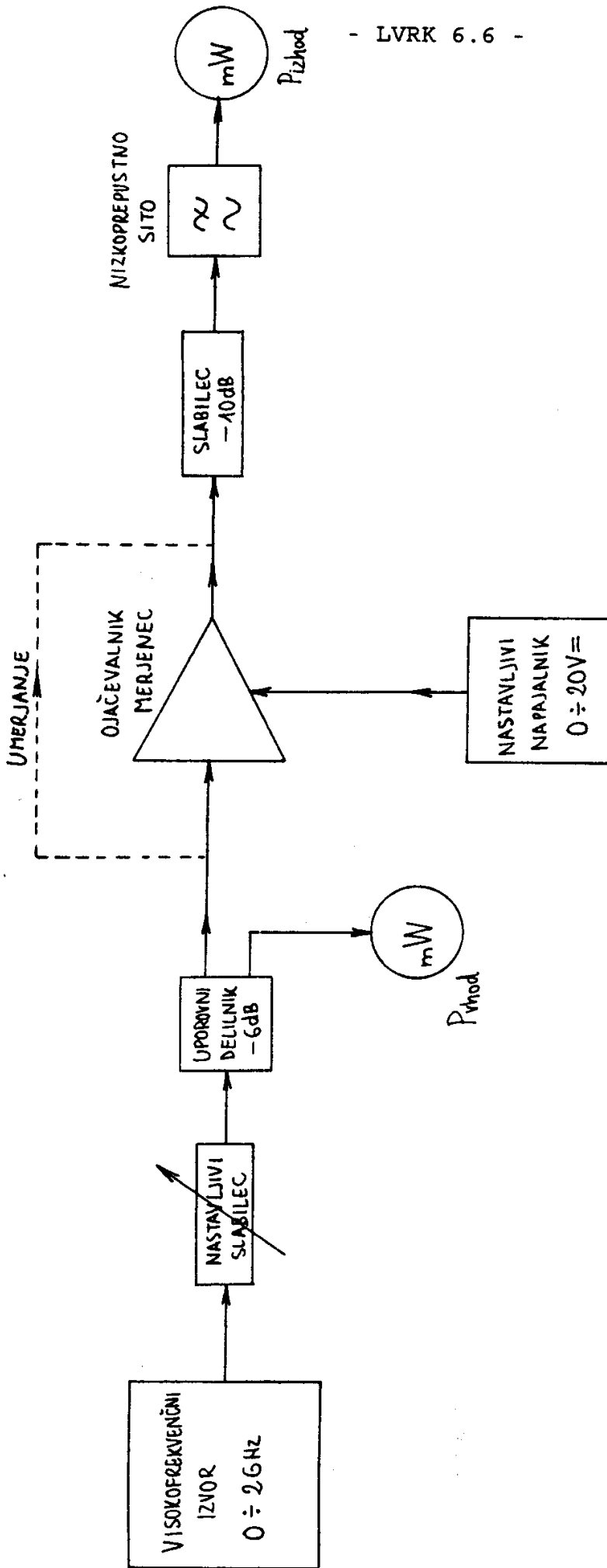
Slika 3 - Notranji načrt enostopenjskih ojačevalnikov (MSA...).



Slika 4 - Notranji načrt dvostopenjskih ojačevalnikov (INA...).



Slika 5 - Merilno vezje za MMIC ojačevalnike.



Slika 6 - Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov.